

長期材齢コンクリートの調査研究

(13 昭和初期の学校建築・その2)

川 上 英 男*

Investigation of Old Building Concrete
(13. Four school gymnasiums, 42-47 years old)

Hideo KAWAKAMI*

(Received Aug. 8. 1987)

Investigations were carried out on the deterioration of four reinforced concrete gymnasiums built at the beginning of Showa era. They were located in Hokuriku district of central Japan.

The investigation revealed crack distribution, degree of carbonation of concrete and corrosion of reinforcing steel. They are important factors for estimating the durability of the structures. It was also found that the graded size aggregate mortar finish (called Araidashi in Japanese) was very effective for keeping concrete from carbonation and plaster was poor for the protection effect.

The durability of reinforced concrete is still to be clarified based on the compiled investigation of old buildings.

1. まえがき

鉄筋コンクリート建物の耐久性に関しては、コンクリート材質、仕上げ材の多様性に加えて、気候など地域的環境条件が影響するので、その実態把握は容易ではない。実験室における促進試験による耐久性試験とは別に、実構造物の実態調査が重要視される所以である。前報¹⁾に引きつづき、ここには、昭和4～7年建設の小学校体育館(屋内運動場)の耐久性調査結果をまとめた。調査は建物全般の損傷状況、コンクリート中性化深さを主とするものである。

*建設工学科

2. 瓢箪町小学校屋内運動場（材齢42年）

2.1 建物概要

2.1.1 規模及び仕上げ

屋内運動場の平面は18.0m×28.5m、軒高は約6.3mである。校舎配置図、平面図、断面図を図2.1～図2.3に示す。

屋根は鉄骨トラスの上に日本瓦葺きで、柱、桁、および壁は鉄筋コンクリート造である。外装は壁はモルタル塗、柱型は洗出し仕上げ、内壁はシックイ塗、床は縁甲板張りである。

2.1.2 経 歴

本運動場は、昭和7年10月に新築され、調査時まで特に火災等の災害に遭ったとか、あるいは大規模な修理が行なわれたという記録はない。調査時直前、西側妻の内壁仕上が数平方メートルにわたって剝落し、コンクリート壁の鉄筋が露出した。危険防止のため当該部には板張りのカバーがあててある。

2.1.3 構造方式

周壁の鉄筋コンクリート造柱の頂部に、南北の張間方向に鉄骨造トラスをのせてあり、地震時等の水平力に対しては主として周囲の鉄筋コンクリートラーメン構造が耐える方式となっている。

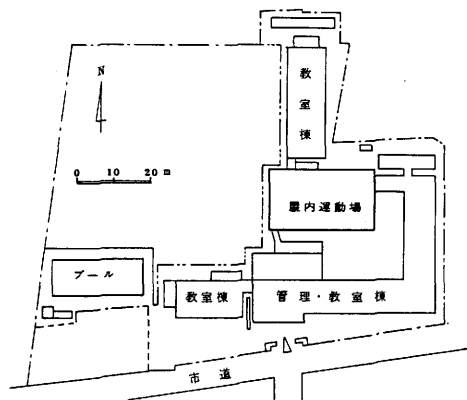


図2.1 校舎配置図

2.2 建物の損傷

2.2.1 内 部

鉄骨トラスは塗装のはげ落ちとか部材の曲がりなどは見当らず、構造的に健全と判断される。

2.2.2 外 部

梁、柱においては仕上げモルタルの剝落している部分が随所に見られ、さらに躯体コンクリートまで剝落し、鉄筋が露出して錆びている部分も見られる。仕上げモルタルが剝落しないまでも、柱のきれつ巾が大きく、躯体コンクリートにまでひびわれが及んでいるものもある。軒端鼻の損傷も顕著である。これら損傷の例を後掲の写真に示す。

部材の損傷程度を便宜上次のように分けて、全般的視察結果を図2.2に示す。

損傷等級 0 損傷の見当たらないもの

- 1 仕上げ材が肌離れ、表面に微細ひびわれのあるもの
- 2 仕上げ材が剝落、躯体コンクリートにひびわれのあるもの
- 3 被覆コンクリートが剝落、鉄筋が腐朽しているもの

図2.2に示すように2～3級の損傷程度をもつ部分が建物全般に分布している。

2.3 コンクリートの中性化試験

柱の一部に孔をあけ、フェノールフタレン1%アルコール溶液を散布して、コンクリートの中性化深さを測定した。測定結果を表2.1に一括しておく。

○外部：図2.2の④、⑤での中性化深さは仕上げ表面から5～6cmであり、柱主筋までまだ2cm

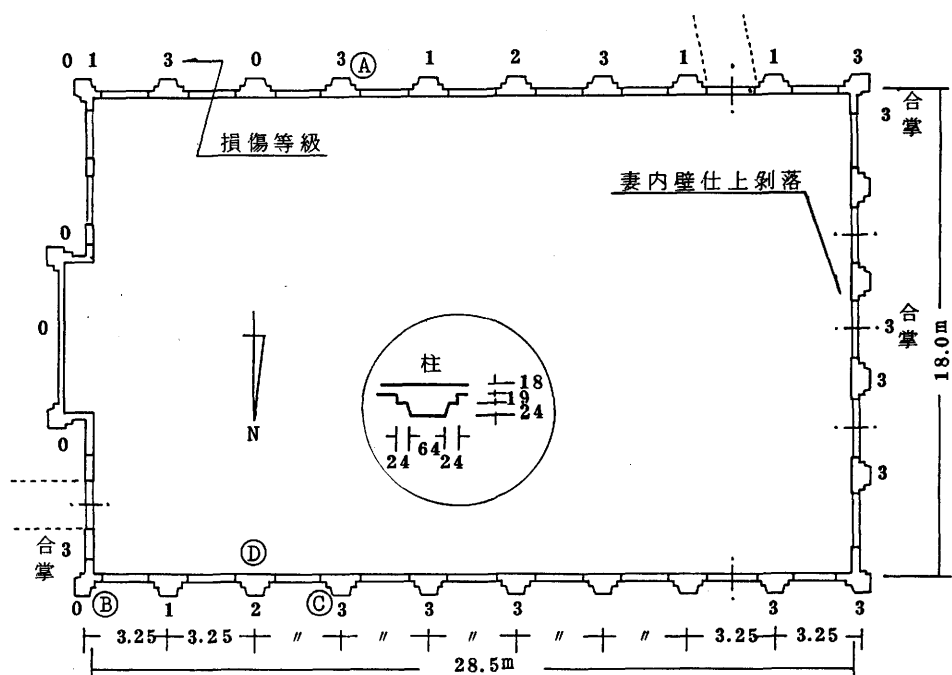


図 2.2 平面図・損傷状況

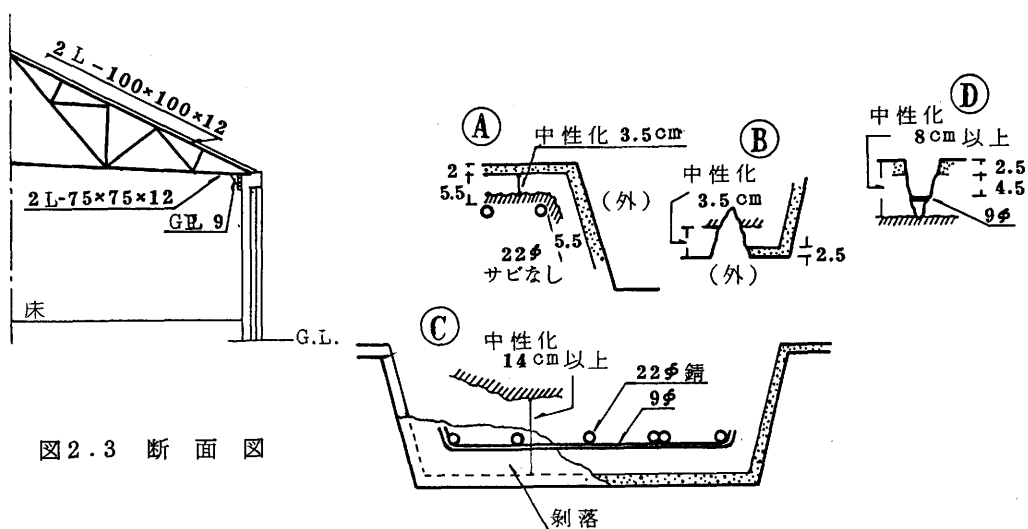


図 2.3 断面図

図 2.4 中性化試験結果



写真 2.1 西側妻南部
合掌部下端鉄筋露出。



写真 2.2 西側妻北部
右側柱に縦ひびわれ、左隅柱
コンクリート露出しコンクリ
ート充てん不良。

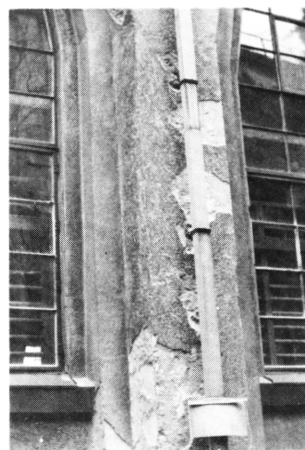


写真 2.3 南側西より7本
目の柱
仕上材剥落。



写真 2.4 南側軒端
損傷は広範囲。



写真 2.5 南側西より7本
目の柱
南面よりの中性化深さは
5.5cmに及ぶ。



写真 2.6 東側妻合掌
鉄筋露出。



写真 2.7 北側東より4本
目の柱
仕上材およびコンクリートが
剝落し、鉄筋は主筋、帯筋共
露出している。コンクリート
の充てん不良。

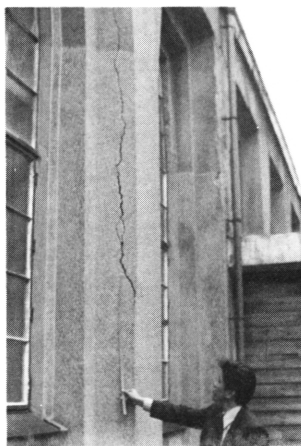


写真 2.8 北側東より5本
目の柱
縦ひびわれの巾は最大12mm、
主筋の腐蝕、膨脹による。



写真 2.9 北側東より5本
目の柱
仕上材を研りおとしてみると、
ひびわれはコンクリートに貫
通している。コンクリート充
てん不良。中性化深い。

程度の健全コンクリートが残存している(図2.4参照)。一方、図2.2の㊸に示す柱の軀体コンクリートが露出している部分では中性化深さはもとの仕上げ面より16cmに及び、鉄筋は露出しており腐蝕が著しい(写真2.7、図2.4の㊸詳細図参照)。また写真2.8に示すような大きいひびわれのある部分では、ひびわれはコンクリート軀体におよび、鉄筋も腐蝕しているものと考えられる。

○室内：図2.2の㊹で示す柱については仕上げシッキイを除いた軀体コンクリートの表面から8cm以上中性化が進行していて通常想定される柱主筋の位置を超えている。(図2.4、㊹詳細参照)。

以上、比較的健全と見られる柱部分では外部よりの中性化深さはまだ鉄筋に達していないが、ひびわれの著しい部分(損傷等級2)や、軀体コンクリート露出部(損傷等級3)では中性化は鉄筋に達しており、室内よりの中性化深さも既に鉄筋に達していると判断される。すなわち、コンクリートの鉄筋に対する防錆効果や付着作用は期待できない状態となっている。

表2.1 中性化試験結果

	部 位	部 分	仕上げ厚さ (mm)	仕上表面より の中性化 深さ(mm)	鉄筋状況	仕上げ面より 鉄筋表面まで の深さ(mm)
外 部	A	柱	洗い出し20	55	22φ健全	主筋まで75
	B	柱	洗い出し25	60		
	C	柱	かぶりコン クリート剥落	140以上	22φ表面錆	
内 部	D	柱	シッキイ 25	105以上		帯筋まで70

2.4 むすび

以上の調査結果によれば、本運動場は老朽・損傷のため、構造耐力上主要な部材において鉄筋コンクリートとしての力学的作用を期待できない部分が多く、建物の安全性を保證できない状態にある。また、コンクリートの中性化の進行程度、ひびわれの状況および鉄筋の発錆状況からみて、その局部的補修を行なっても構造耐力復原の効果は期し難い状態にある。

3. 十一屋小学校屋内運動場（材齢42年）

3.1 建物概要

3.1.1 規模及び仕上げ

屋内運動場の平面は17.58×29.15m、軒高は約6.3mである。校舎配置図、平面図、断面図を図3.1～図3.3に示す。外観を写真3.1～3.4に示す。

屋根は鉄骨トラスの上に日本瓦葺、柱は鉄骨鉄筋コンクリート造、壁は鉄筋コンクリート造である。外装は壁はモルタル塗、柱・梁型は洗い出し仕上げ、内壁はシッキイ塗り、床は縁甲板張りである。

3.1.2 経 歴

本運動場は、昭和7年11月に新築され、42年を経た調査時まで特に火災等の災害に遭ったとか、あるいは大規模な修理が行なわれたという記録はない。

3.1.3 構造方式

周壁の鉄骨鉄筋コンクリート造柱の頂部に、張間方向に鉄骨造トラスをのせてあり、地震時等の水平力に対しては主として周囲の架構がラーメン構造として耐える方式となっている。

3.2 建物の損傷

3.2.1 内部

雨漏りのため壁体が汚れている部分が見られる(写真3.5参照)。

鉄骨トラスは表面に錆がみられるが、ほぼ健全と判断される。

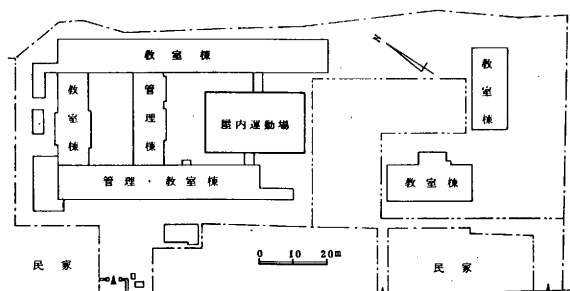


図3.1 校舎配置図

3.2.2 外部

梁、柱の仕上げ材が剥落している部分が、建物全体にわたって多数散見される。柱では下地モルタルとコンクリートが肌離れしているものが多く、極端な場合には、モルタルが剥落、さらに躯体コンクリートまでが崩れ落ち内部の鉄筋が露出している(写真3.1～3.4参照)。

構造部材の損傷程度を便宜上前述(2.2.2)のように3段階に分けて、全般的視察結果を図3.2に示す。全般的傾向としては、南西面と南東面の損傷程度が甚だしい。

3.3 コンクリートの中性化

柱または壁の一部に孔をあけ、フェノールフタレン1%アルコール溶液を散布してコンクリートの中性化深さを測定した。写真3.6, 3.7にその例を示した。図3.2の平面図に示すA～Eの5箇所の柱の試験結果を図3.4と表3.1に示す。

外部3箇所(A, B, E)の躯体コンクリートの中性化深さは6cm前後で、鉄筋にまで及び、鉄筋は錆びている。

内部よりの中性化深さはC, D点の試験結果にみられるように7～8.5cmであって、外部よりの中性化よりさらに深い。

すなわちコンクリートの中性化は鉄筋にまでおよび、その鉄筋に対する防錆効果ならびに鉄筋との付着効果は期待できない状態にある。

3.4 むすび

以上の調査結果によれば、本運動場は老朽、損傷のため、構造耐力上主要な部材において鉄筋コンクリートとしての力学的作用を期待できない部分が多く、建物の安全性を保証できない状態にある。また、コンクリートの中性化の進行程度、ひびわれの状況および鉄筋の発錆状況から見て、その局部的補修を行なっても構造耐力復原の効果は期し難い。

表3.1 中性化試験結果

	部 位	部 分	仕上げ厚さ (mm)	仕上げ表面より の中性化 深さ(mm)	鉄筋状況	仕上げ面より 鉄筋表面まで の深さ(mm)
外部	A	柱	モルタル剥落	65*	16φ, 9φ腐食	45*
	B	柱	モルタル剥落	65*	16φ表面錆	65*
内部	C	柱	シックイ 5 モルタル 20	95 以上	—	—
	D	柱	シックイ 15	110	壁筋 13φ	—
外部	E	柱	モルタル 12 モルタル 20	72 50	主筋 16φ	72 80

* コンクリート表面より

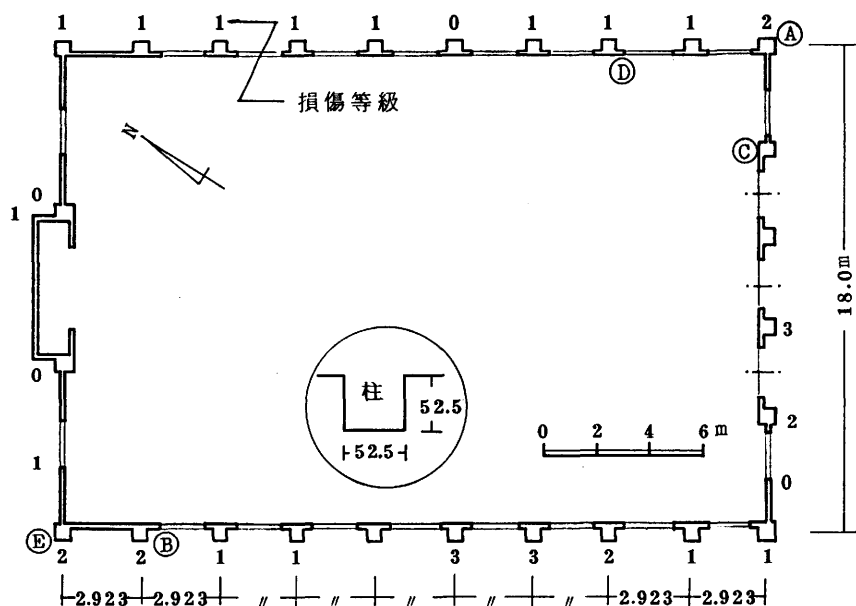


図3.2 平面図・損傷状況

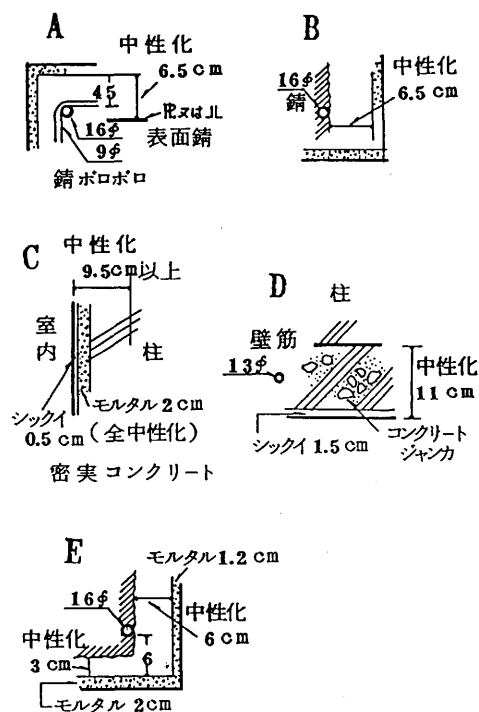
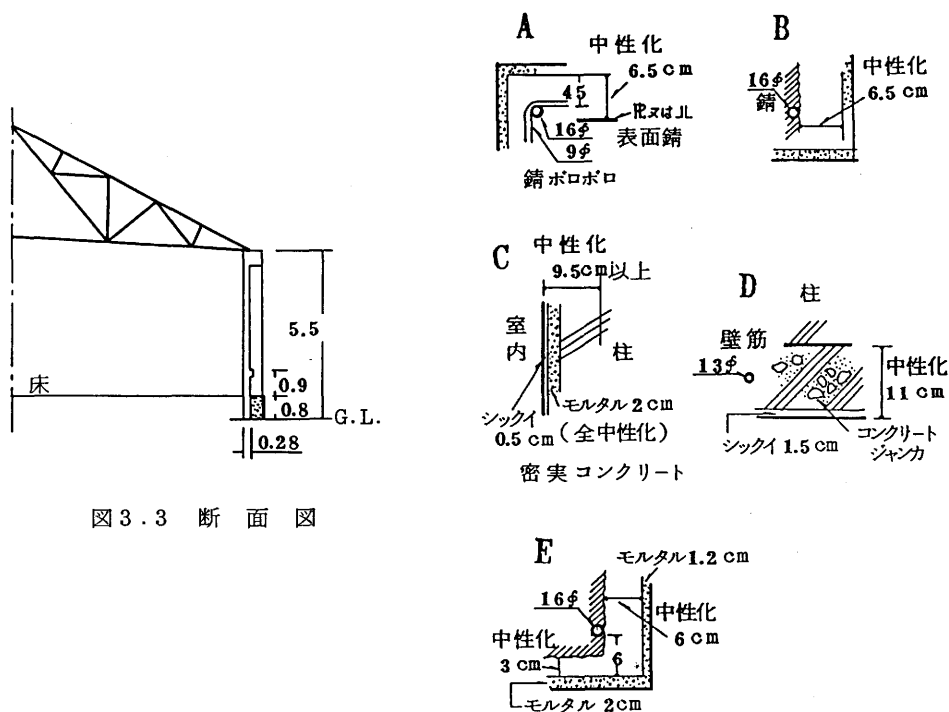


図3.4 中性化試験結果

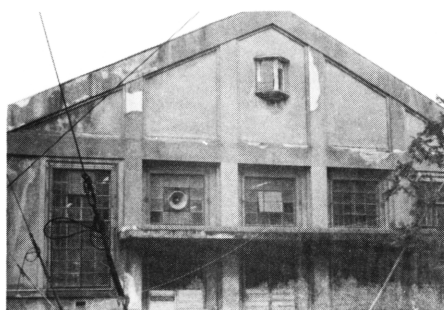


写真 3.1 南東妻側

仕上げが剝落、梁にひびわれ、庇の老朽化顕著。

写真 3.2

南東妻の南隅
仕上材の剝落、
壁面のひびわれ
が見られる。庇
鼻の損傷も著し
い。

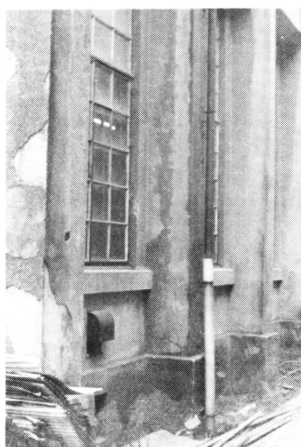
写真 3.3 南東妻側中央梁
のひびわれ

写真 3.4 北東側隅柱

写真 3.5 南隅雨漏りによ
る壁の汚れ

鉄骨トラスは表面に錆がみ
られるがほぼ健全。



写真 3.6

南西側、北よ
り2本目の柱B
下の孔は中性化
試験用にはった
もの。



写真 3.7 北東、隅柱A

中性化深さ6.5cm(鉄骨まで)隅部主筋 $\phi 16$
mm、帯筋 $\phi 9$ mm、表面ボロボロに腐蝕。左
の孔はコンクリート中性化試験用のハツリ
孔

4. 羽咋小学校体育館（材齢47年）

4.1 建物概要

4.1.1 規模及び仕上げ

体育館は羽咋町中央町サ132に位置し、西方800mは千里浜を控えた日本海である。同建物は、南北20m、東西35.5m、軒高約4.5mの平家建鉄筋コンクリート造である。建物配置を図4.1に、平面図と断面図を図4.2、図4.3に示す。外観を写真4.1～4.3、4.5に、内部を写真4.4に示す。

屋根は鉄骨トラスの上に木造母屋・日本瓦葺きで、柱・桁および壁は鉄筋コンクリート造である。なおステージ部は増築部であり、その屋根トラスは木造である。外装は、壁はモルタル仕上げ、柱・桁は洗い出し仕上げである。内装は、壁はプラスター塗り、腰はその上にペイント塗り、床は縁甲板張りである。

4.1.2 構造方式

主要構造体としては、周囲の鉄筋コンクリート造柱の頂部に、南北の張間方向に鉄骨造トラスが架けてあり、地震時等の水平力に対しては主として周囲の鉄筋コンクリートラーメン構造が耐える構造方式となっている（図4.3参照）。

4.1.3 経歴

本体育館は昭和3年9月1日に着工、昭和4年12月20日竣工と記録されている。調査時まで火事など特に大きな災害に遭ったことはないが、冬期季節風が強く、屋根の修理はたびたび行なわれている。

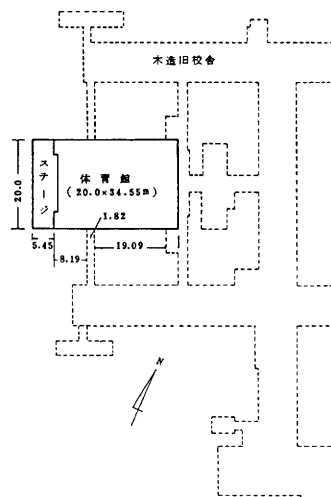
なお、改修工事の主なものは次の通りである。

昭和32年2月8日、ステージ(20m×5.4m)の増改築。

図4.1 体育館配置図（単位m）

昭和40年 既存鋼製サッシの錆が著しいのでアルミ製サッシに取替。

昭和45年 床板の総張替。



4.3 建物の損傷

4.3.1 内部

鉄骨トラスの合掌および陸梁は不等辺山形鋼75×125×13mmの2丁合せである。鉄骨部材には接合部をはじめ一部には錆が認められるものの、部材の曲がりなどは見当らず、鉄骨トラス全体としては健全と判断される。また木造母屋・野地板にも特に目立った損傷は認められない（写真4.4参照）。

鉄筋コンクリート部分では、桁の北東隅および東側をはじめ図4.2に示すように5ヶ所において桁軸に平行のひびわれがあり、内部主鉄筋の発錆膨脹の疑いがある。柱にもこれと同様の状況が5ヶ所見られる。

4.3.2 外部

腰壁、小壁などモルタル部分では、建物全般にわたって縦方向のひびわれが生じている。それらの甚しいものは鉄筋の位置と思われる部分に縦横にひびわれが見られ、内部鉄筋の発錆膨脹が想定される。

柱、桁など洗い出し仕上げ部分の損傷は比較的少ないが、柱2ヶ所および桁2ヶ所では材軸方向のひびわれが肉眼でも認められ、1ヶ所は被覆コンクリートが剥落するおそれが大きい。すなわちここにも主筋の発錆が懸念される徴候が見られる。

増築されたステージ部では随所に細径の鉄筋が露出し、錆ている。特にこの西面は海側に面しているためあって、鉄格子はボロボロになっており塩害の激しさを示している(写真4.6参照)。材齢47年の本体に比べて、増築部は20年という割には損傷が目立つのも海からの風雨に対してモルタル仕上げだけではその防護効果が不充分であることを示している。なおこの増築部の西側壁面基礎には不同沈下を疑わせる斜めのひびわれがある(写真4.6参照)。

部材の損傷程度を便宜上前述(2.2.2)のように分けて、全般的視察結果を図4.2に示した。

2～3級の損傷程度をもつ部分が建物全般に分布している。

4.4 コンクリートの中性化と鉄筋の腐朽

鉄筋探知器で柱主筋の位置を見出し、その付近の一部に孔をあけ、鉄筋の腐朽度を調査すると共にフェノールフタレン1%アルコール溶液をコンクリート孔に散布してコンクリートの中性化深さを測定した。結果を表4.1にまとめておく。

4.4.1 腰 壁

腰壁には縦ひびわれが随所に生じている。例を写真4.7に示す。外部のひびわれ部2ヶ所を研ってみると深さ11cmに至ってもアルカリ反応は見られず、直径約9mmの縦筋は錆のために腐朽して細っており、著しい部分では3mm程度になっている(写真4.8参照)。またその両側には空洞ブロックが積んであり、約30cm壁厚のうち外部20cmがこの空洞ブロックであり、上記の鉄筋はブロック間の目地であることが判明した。したがって、プラスター仕上げをのぞくと、鉄筋コンクリート壁としては8cm程度しかないことになる。

館内から壁体3ヶ所を研ってみると、中性化はいずれも6cm以上に達している上、鉄筋の錆も著しい。この状態は建物全般に及ぶものと考えられる。

これらの状況から構造的には桁方向ラーメン構造に対する腰壁の補強効果はあまり期待できず、単に外部との仕切り壁と見なすのが妥当と考えられる状況である。

4.4.2 柱

館内側の仕上げプラスターの厚さは7～12mmである。中性化深さは1ヶ所では、仕上げ表面から3.5cmであるが、他の1ヶ所では仕上げ表面から8.5cmの深さに至ってもアルカリ反応は見られない。この後者は仕上げ表面に縦ひびわれの見られた部分であり、主鉄筋は腐朽して木炭状になっている。コンクリートのひびわれもこの鉄筋の発錆膨脹によるものである。したがって先述の柱・桁の材軸方向のひびわれ部でもこれと同じ状況にあるものと推察される。

外部の洗い出し仕上げ厚さは6～8mmで施工も良好である。下地モルタルの厚みは8～12mmである。柱主筋は直径16mmで柱の内外の各辺に3本ずつ配置されている。帯筋は直径6mmで約30cm間隔に巻いてあり、仕上げ表面までのかぶり厚は約5cmである。中性化深さは仕上げ表面から0～22mmで、いずれも柱内部の鉄筋に達していない。すなわちこの点から言えばコンクリートのアルカリ性が保たれている部分に鉄筋があるので、鉄筋の錆の危険はないことを意味する。

ところが柱D11では明瞭なアルカリ反応を示す部分に鉄筋が位置しているにもかかわらず、柱主筋表面に浮き錆が認められた。柱D12では帯筋が腐朽のために細っており、柱A12でも帯筋の表面

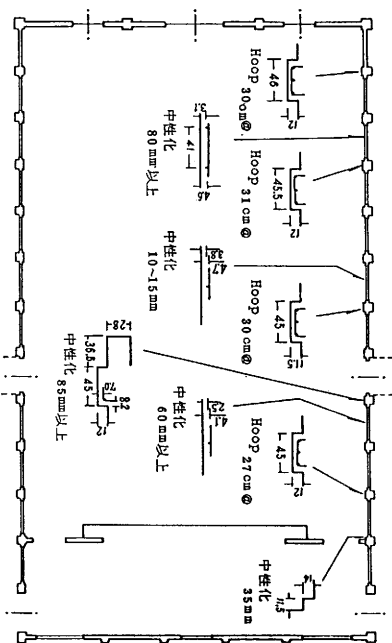


図4.4 内部配筋と中性化深さ (単位cm)

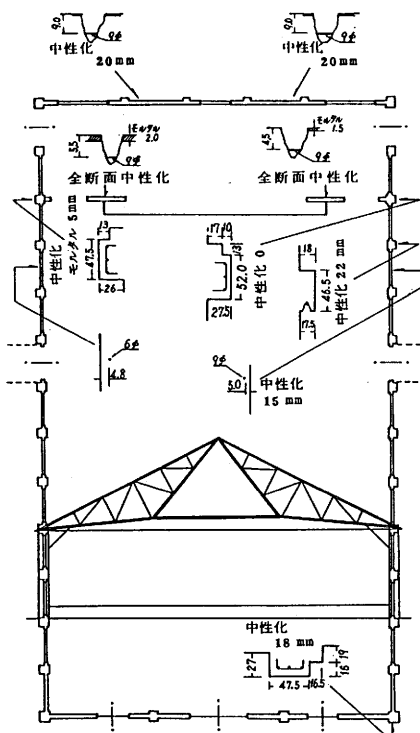


図4.3 断面図及び中性化調査結果 (単位cm)

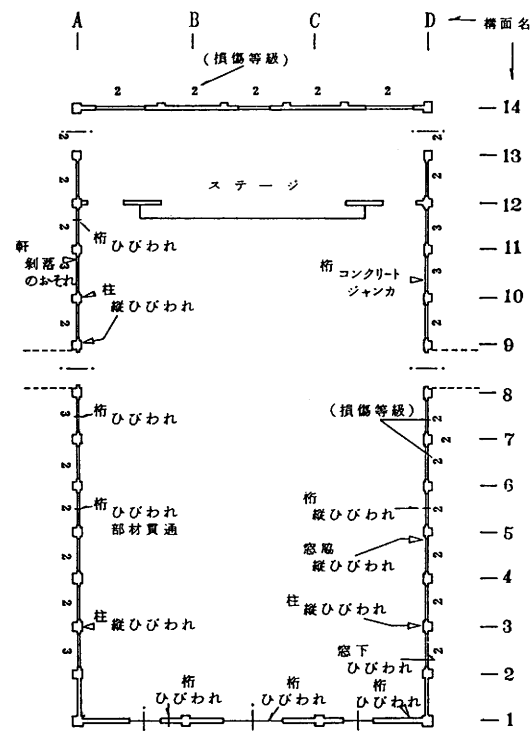


図4.2 平面図及び損傷状況



写真4.1 北面西部

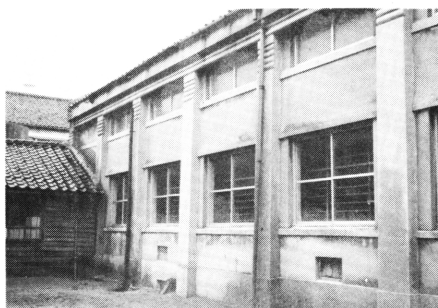


写真4.2 北面東部



写真4.3 南面西部

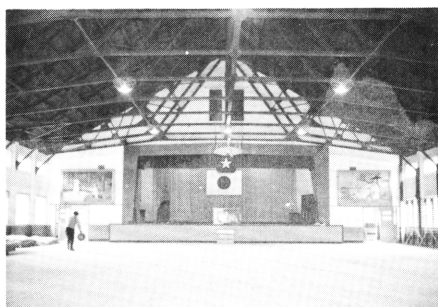


写真4.4 内部正(西)面

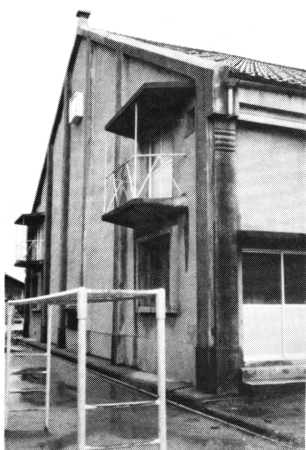


写真4.5 西面

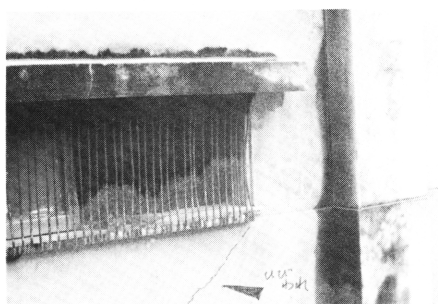


写真4.6 西面中央鉄格子の腐蝕と基礎の斜めひびわれ



写真4.7 北面腰壁のひびわれ



写真4.8 北面腰壁のひびわれ
モルタルは中性化し鉄筋の腐朽が著しい。

に錆が見られる。この原因としては、施工時にコンクリートに海砂を用いたか、あるいは塩分を含んだ飛沫の長年月にわたる吹きつけによって、コンクリート内部に浸透した塩分の作用によるものと考えられる。

JASS 5 T 202による塩化物含有量試験によれば、斫り落したコンクリート(かぶり部)のNaCl含有量はモルタル部分の絶乾重量に対して、柱D11では0.0864%，増築部西側外壁(材齢19年)では0.11%，0.042%であった。これらの対砂の比率はそれぞれ、およそ0.12%，0.15%，0.06%であって、JASS 5の規制値0.04%を大きく超えていることになる。

4.4.3 耐力壁

ステージ前面の壁は梁間方向の地震時水平力に対する耐震壁としての働きを持つものである。増築時に両側外壁が新設されているものの、増築部の屋根トラスは木造のため剛性が小さく、地震時水平力はこの新設壁に伝達される前に、ステージ前面の旧壁体に流れるものと考えられる。

この壁はステージ中央および両脇部を欠き取られ、壁量が大巾に減少している。しかもこのコンクリートはほとんど全断面が中性化し、鉄筋は錆びて表面の厚さ1～2mmはボロボロである。地震時に一旦ひびわれが生じると、その後の粘りが期待できない状態にある。

4.5 むすび

本体育館の構造的耐力に関する調査結果を要約すれば次の通りである。

1. 屋根の鉄骨トラスより上部は健全と見なされる。
2. 軒より下の鉄筋コンクリート部分では、老朽化による損傷が次のようである。
 - a. 桁方向腰壁は、鉄筋の腐朽とひびわれのため、単に外部との仕切りの役目しか果さない。
 - b. 柱の中には主筋が木炭状に腐朽し、危険なものがあるばかりでなく、主筋表面の錆のため構造材としての力学的作用を期待し難い部分が柱や梁に分布している。
 - c. 梁間方向耐震要素としてのステージ前面の壁鉄筋も腐朽が著しい。

表4.1 斫り調査結果

	部 位	部 材	先出しモルタル (mm)	中性化 (mm) (%)	鉄筋位置 (mm) (%)	鉄筋状況	備 考
外 部	B 14	壁	0 7	20	90	9φ健全	材 齢 19年
	C 14	壁	0 7	20	90	9φ健全	"
	B 12	壁	0 20	全壁厚	55	9φ錆厚2-1mm	28年 外部 19年 内部
	C 12	壁	0 15	全壁厚	45	"	"
	A 12	柱	6 13	モルタル 5	—	—	増築時補修
	D 12	柱	6 —	0	60	16φ主筋健全 フープ左端細り	"
	D 11	柱	6 —	22	—	16φ表面錆	—
	D 10-11	壁	0 20	15	50	鉄筋周辺中性化 9φ錆厚2mm	—
	A 10-11	壁	0 20	全壁厚	48	6φ腐食有効径3mm	ブロックに モルタル充てん
内 部	D 1	柱	8 20	18	—	—	—
	A 12	壁	シッキイ 10 mm 7 mm モルタル なし	35	—	—	縦ひびわれ) ジャンカ部
	A 9-10	壁		60 以上	41	9φ有効径7mm	
	A 9	柱		85 以上	70	9φフープ腐食	
	A 6-7	壁		15	38	9φ 錆厚1.5mm	
	A 3-4	壁		80 以上	46	9φ錆	

(*) 仕上げ表面より

5. 新堅町小学校屋内運動場（材齢47年）

5.1 建物概要

5.1.1 規模及び仕上げ

新堅町小学校は金沢市新堅町3丁目25番地にあり、屋内運動場の配置を図5.1に示す。

屋内運動場の平面は東西18m、南北28.8mの長方形で、南西ステージ側に奉安庫部分が突出している。軒高は5.9mである。平面図と断面図を図5.2及び図5.3に、外観を写真5.1、5.2に示す。

屋根は鉄骨トラスの上に木造母屋、日本瓦葺きで、桁及び壁体は鉄筋コンクリート造である。

外装はモルタル塗、内壁はシックイ塗、床は縁甲板張りである。建具は出入口は木造、窓は鋼製サッシュである。

5.1.2 経 歴

本運動場は昭和5年に新築された。調査時まで特に火災等大きな災害に遭ったとか大規模な模様替えが行われた形跡はない。本調査の5、6年前に外装に吹付けが施されている。近年特に軒端よりの雨漏れが著しく、ここ1年以内に内装シックイが施されている。

5.1.3 構造方式

周壁の鉄筋コンクリート造柱の頂部に、東西の張間方向に鉄骨造トラスを乗せてあり、地震時等の水平力に対しては主として周囲の鉄筋コンクリートラーメン構造が耐える方式となっている。鉄骨造トラスの間隔は3.2mである。

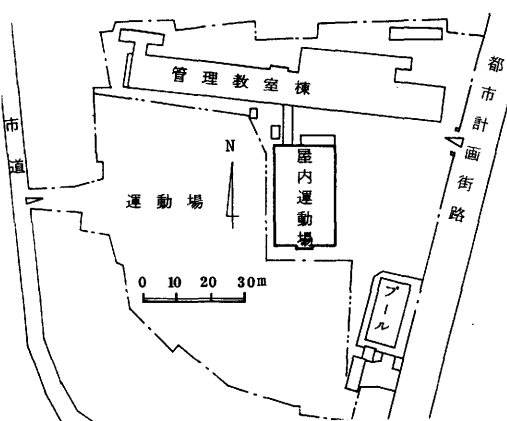


図5.1 校舎配置図

5.2 建物の損傷

5.2.1 屋根及び小屋組

鉄骨トラスは部分的にペンキがはげ落ちて錆が見られるものの、部材の曲がりなど構造的欠陥となる損傷は見当らず、ほぼ健全と判断される。

内壁の仕上げは前述のようにやり直されているので、損傷は見つけられないが、軒桁付近の母屋、垂木、野地板に腐蝕が見られる。その原因は図5.3にも示すように、軒端に立上げたパラペットによって雪だまりが生じ融雪水が瓦の間より天井へ入り込むところにある。すなわちこの現象は新築当時からのものである。パラペット谷部にアルミ板で溝がつけてあるが、積雪時の漏水は防げない。パラペット上端、ケラバ上端の仕上げモルタルは肌離れを生じており、この点も漏水を大きくしているものと考えられる。

5.2.2 鉄筋コンクリート

冬期季節風の吹きつける西側外壁は仕上げモルタルの肌離れ、浮上りが全面に生じている。著しい部分では写真5.3、5.4に示すように、躯体コンクリートまで割れが生じ剥落寸前となっている。西側底の鼻下の仕上げモルタルも肌離れが生じており、写真5.6に示すように、鉄筋は露出し、腐蝕のため炭状にボロボロになっている。南面東部の妻部には縦鉄筋が露出して錆びているの

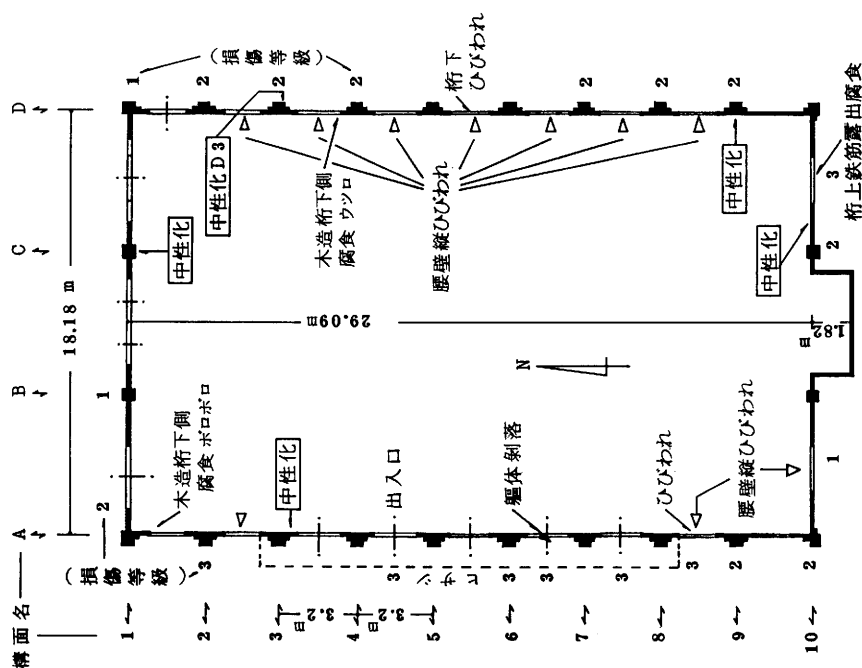


図 5.2 平面図・損傷状況

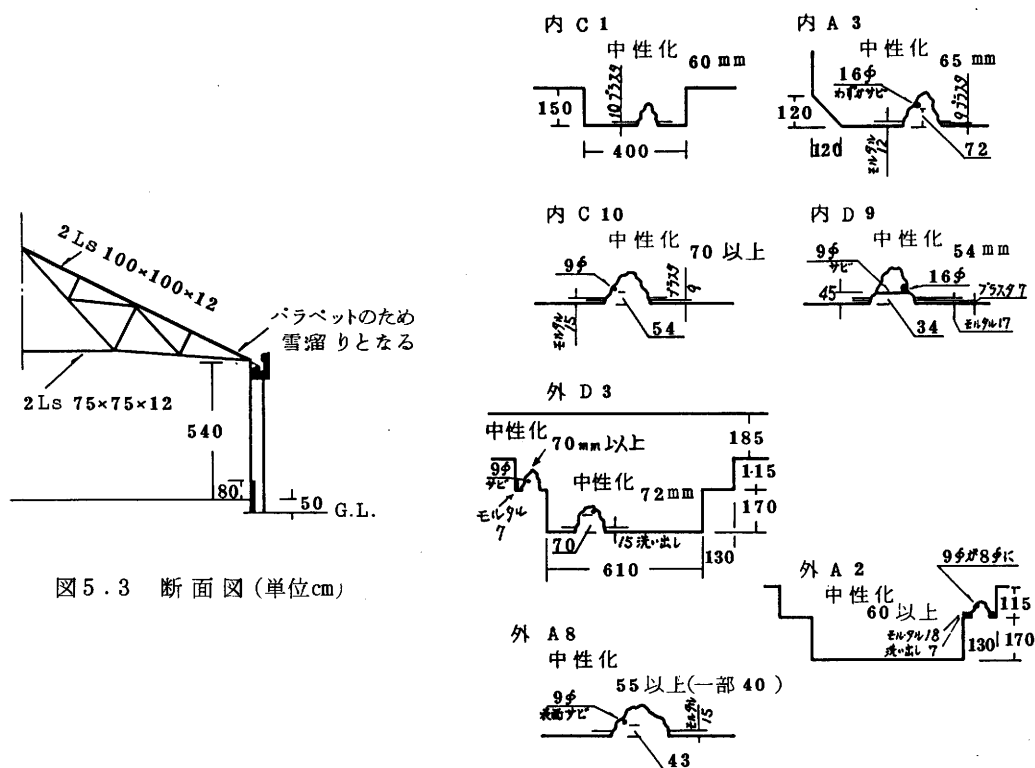


図 5.3 断面図 (単位 cm)

図 5.4 中性化試験結果 (単位 mm)

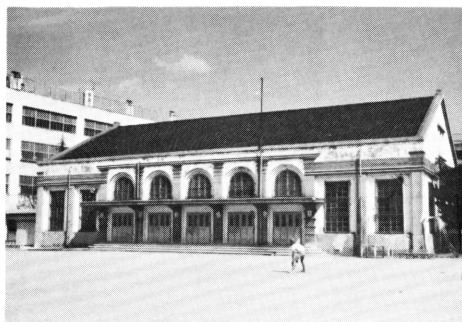


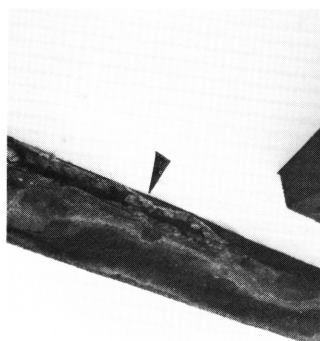
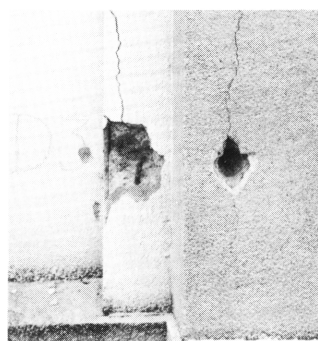
写真 5.1 西側全景



写真 5.2 東側



写真 5.3 西側壁面の損傷

写真 5.4 西側壁面損傷の1例
仕上げモルタルだけでなく、
コンクリートまでが分離して
剥落寸前である。写真 5.5 西側窓脇の縦ひ
びわれ
内部鉄筋が錆びているもの
と思われる。写真 5.6 西側庇(A6~7)
鼻の損傷
コンクリートが剥落し、鉄筋
は露出して腐蝕が著しい。写真 5.7 南面東部妻壁
鉄筋は露出して錆びている。
柱には内部鉄筋の発錆膨脹を
示唆する縦ひびわれが生じて
いる。写真 5.8 中性化試験の1例
縦ひびわれ部の鉄筋は錆びて
いる。

が見える(写真5.7参照)。窓下の腰壁には例外なくその中央に縦ひびわれが1本ずつ生じ躯体コンクリートを貫通している。図5.2には△印で示してある。

柱型や窓周りには、内部鉄筋の発錆膨脹を示唆する縦ひびわれが認められる。東側中央部では桁にもひびわれが生じている。

これらの損傷状況の全般的傾向を前掲(2.2.2)のような区分で図5.2に記入した。特に西側においては3級の損傷が分布していて、老朽化が著しい。写真5.5に窓脇壁の縦ひびわれを示した。

5.3 コンクリートの中性化と鉄筋の腐蝕

壁や柱8ヶ所に対しその一部に孔を斫り、フェノールフタレン1%アルコール溶液を散布して、コンクリートの中性化深さを測定した。前もって鉄筋探知器で鉄筋の位置を探知し、斫りと共に鉄筋の腐蝕状況をも調査した。建物内部と外部とで中性化深さに大きな差はなく、仕上表面から浅いもので54mm、深い場合は70mmに至ってもなおアルカリ反応は認められず、それ以上の斫りを諦めた部分もある。外部仕上げ材は通常のもルタルではなく、むしろシッキイに近い。中性化が鉄筋の表面に達したものの2例、さらに深い位置まで達したのは6例であって、いずれも鉄筋表面に錆が生じている。8例の平均値を求めると、中性化深さは、仕上げ表面から63mm以上に達し、鉄筋の埋込深さは43mmであるので、建物全体に対しても中性化は鉄筋の位置より深部に達しているものと判断される。すなわちコンクリートの鉄筋に対する防錆効果はすでに失われていると共に、錆の状況からみて、鉄筋コンクリート設計理論の前提としての鉄筋とコンクリートの付着作用は確保できない状態にあると判定される。写真5.8に柱型のたてひびわれと中性化試験の状況を例示した。中性化深さは70mm以上で鉄筋は錆びている。表5.1と図5.4に斫り試験結果をまとめた。

表5.1 中性化試験結果

	部 位	部 分	仕上り厚さ (mm)	仕上り表面より の中性化 深さ (mm)	鉄筋状況	仕上り面より 鉄筋表面までの 深さ(mm)
外 部	D 3	柱	モルタル 15	72	主筋表面 に錆	70
	D 3	柱脇	モルタル 7	70以上	9φ表面 に錆	7
	A 8	柱脇	モルタル 15 剝落	55以上	9φ表面 に錆	43
	A 2	柱脇	モルタル2層 18	60以上	9φ腐食 有効径18	20
内 部	C 1	柱	シッキイ 10	60	——	——
	A 3	柱	シッキイ 9 モルタル 3	65	16φわず かに錆	72
	C 10	壁	シッキイ 9 モルタル 6	70以上	9φ表面 に錆	54
	C 9	柱	シッキイ 7 モルタル 10	54	9φ表面錆 16φ表面錆	34 45
平 均			14	63	——	43

5.4 むすび

以上の調査結果によれば、本運動場は老朽化のため外壁の損傷が甚だしく特に窓周りのひびわれや仕上げの剝落が建物全体にわたって分布しており、屋根下地の木造部にも腐朽が著しく取替を要する部分がある。問題は、さらに主要構造体である鉄筋コンクリートにある。すなわちコンクリートの中性化深さは鉄筋より内部に達し、鉄筋には錆が発生している。

6. ま と め

以上の調査結果によれば、材齢47年と42年のそれぞれ2棟ずつの屋内運動場の耐久性に関して、次の点を挙げることができる。

1. 日本瓦葺き屋根を支える鉄骨トラスはほぼ健全である。
2. 軒端にパラペットを設けた設計は雪溜りを生ずるため、漏水を招き、野地坂、垂木、母屋に腐朽を招いている。
3. 鉄筋コンクリート柱・壁では、外部の仕上げ材に損傷が多い。すなわち、ひびわれ、剝落、鉄筋の露出・腐蝕である。これらの損傷はコンクリートの中性化が鉄筋に達し、鉄筋の腐蝕膨脹が原因と考えられるものが主であって、腰壁では乾燥収縮が原因とみられるものもある。
4. コンクリートの中性化は、屋外からよりも室内からの方が深くまで達しており、このことは洗い出しやモルタル仕上げは、シックイ仕上げよりも中性化防止に有効であることを示している。特に洗い出し仕上げはその防護効果が優れている。
5. 調査対象となった4棟共、コンクリートの中性化は鉄筋に達し、鉄筋には錆が生じ、中には著しい腐蝕を生じているものもあり、その耐用限度に達しているものと見なされる。

実構造物の調査に基づく鉄筋コンクリートの耐久性については一連の調査結果をまとめて検討する予定である。

7. 参 考 文 献

- 1) 川上英男 “長期材齢コンクリートの調査研究 12” 福井大工報35-1, 55 (1987)

謝 辞

この調査には本学文部技官 脇敬一氏の御協力を得ました。ここに謝意を表します。又、金沢市教育委員会、羽咋町教育委員会の御協力に謝意を表します。